

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO

Trabajo de fin de grado
Febrero 2026



Autores

Noel Martínez Netto
Julen Porro Fernández
Alma Pérez Parrado
Daniel Pérez Gámiz
Yennifer Xia Chen

Tutora

Meilyn González Cortés

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO

Trabajo de fin de grado
Febrero 2026



Autores

Noel Martínez Netto
Julen Porro Fernández
Alma Pérez Parrado
Daniel Pérez Gámiz
Yennifer Xia Chen

Tutora

Meilyn González Cortés

TABLA DE CONTENIDO

9. Operación de la planta	2
9.1. Introducción.....	2
9.2. Funcionamiento de la planta.....	2
9.2.1. Operación de la planta	2
9.3. Departamentos de la planta.....	2
9.3.1. Departamento de dirección.....	2
9.3.2. Departamento de ingeniería.....	2
9.3.3. Departamento de producción.....	3
9.3.4. Departamento de mantenimiento.....	3
9.3.5. Departamento de investigación y desarrollo (I+D)	3
9.3.6. Departamento de control de calidad (QC).....	3
9.3.7. Departamento de logística	4
9.3.8. Departamento de seguridad, salud y medioambiente (HSE).....	4
9.3.9. Departamento de recursos humanos (RRHH)	4
9.3.10. Departamentos externos	4
9.4. Organigrama y personal de la planta	5
9.5. Calendario y organización de la planta.....	9
9.6. Bibliografía.....	12

9. OPERACIÓN DE LA PLANTA

9.1. Introducción

Entender y planificar la operación de una planta es vital para su correcto desarrollo y funcionamiento.

9.2. Funcionamiento de la planta

Citrox produce ácido cítrico a partir de un proceso de fermentación de melazas con microorganismos. Esto hace que el funcionamiento de la planta se rija por distintos tipos de operación y de ello el personal y los departamentos de la planta.

9.2.1. Operación de la planta

Citrox opera en discontinuo en la parte de la fermentación y en continuo en la parte de la purificación de la melaza y la obtención del producto final como se refiere en el **Capítulo 8. Puesta en marcha**. Esto hace que el producto final de la planta se obtenga los siete días de la semana haciendo que la planta necesite incorporar personal y turnos para hacer rotaciones y así conseguir operar ininterrumpidamente (a excepción de vacaciones o paradas planeadas). De esta manera de operar dependen los departamentos incluidos para la operación correcta, segura y sin pausa de Citrox.

9.3. Departamentos de la planta

Los departamentos de una planta son fundamentales para el funcionamiento correcto y eficiente de la misma. A continuación, se detallan los principales departamentos de la planta de Citrox.

9.3.1. Departamento de dirección

La dirección de la planta constituye el nivel jerárquico superior de la organización y es responsable de la gestión global de la instalación. Su función principal es coordinar los distintos departamentos y garantizar que la operación de Citrox se alinee con los objetivos estratégicos, económicos y de seguridad establecidos por la empresa.

Entre sus responsabilidades se incluyen la planificación de la producción a medio y largo plazo, la asignación de recursos, la supervisión del cumplimiento de la normativa legal y ambiental, y la toma de decisiones relacionadas con inversiones, ampliaciones o modificaciones del proceso. Asimismo, la dirección de la planta actúa como enlace entre la planta propiamente dicha y la dirección corporativa o propiedad de la empresa.

9.3.2. Departamento de ingeniería

El área de ingeniería se encarga del soporte técnico al proceso productivo. Sus funciones incluyen el análisis y optimización de balances de materia y energía, la evaluación de mejoras de proceso, la implementación de modificaciones en equipos o condiciones operativas y el apoyo técnico en situaciones de operación anómala.

Además, este departamento participa activamente en la evaluación de nuevas tecnologías, en la mejora de la eficiencia energética y en la reducción de costes operativos.

9.3.3. Departamento de producción

El departamento de producción es el encargado de la operación diaria de Citrox y de la ejecución del proceso productivo. En una planta de ácido cítrico, donde el proceso se desarrolla mayoritariamente en modo *batch*, este departamento tiene un papel especialmente relevante.

Sus funciones incluyen la operación de los fermentadores, reactores, filtros, intercambiadores y equipos auxiliares, así como la correcta ejecución de los ciclos de producción según los procedimientos operativos establecidos. El personal de producción es responsable del control de los parámetros críticos del proceso (temperatura, pH, tiempos de fermentación, caudales, etc.), del registro de datos operativos y de la detección temprana de desviaciones o incidencias.

El departamento trabaja en estrecha colaboración con control de calidad y mantenimiento para asegurar la estabilidad del proceso y la continuidad de la producción.

9.3.4. Departamento de mantenimiento

El área de mantenimiento es responsable de conservar los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento. Esto incluye el mantenimiento preventivo programado, el mantenimiento correctivo ante fallos imprevistos y, cuando es posible, el mantenimiento predictivo basado en la monitorización de variables críticas.

Este departamento gestiona también los repuestos críticos, las paradas programadas de planta y la coordinación con proveedores externos para reparaciones especializadas.

9.3.5. Departamento de investigación y desarrollo (I+D)

El departamento de I+D tiene como finalidad la mejora continua del proceso productivo y la innovación tecnológica. En Citrox, una planta de producción de ácido cítrico por fermentación, este departamento desempeña un papel estratégico debido a la influencia de factores biológicos y microbiológicos en el rendimiento del proceso.

Sus actividades incluyen la optimización de las condiciones de fermentación (composición del medio, pH, temperatura, aireación), la evaluación de nuevas cepas de *Aspergillus niger*, el aumento de la productividad y el rendimiento, y la reducción de subproductos y residuos.

Asimismo, el departamento de I+D colabora con producción e ingeniería en la transferencia de mejoras desde escala de laboratorio o piloto a escala industrial.

9.3.6. Departamento de control de calidad (QC)

El departamento de control de calidad (QC) es responsable de asegurar que las materias primas, los productos intermedios y el producto final cumplen con las especificaciones establecidas.

En Citrox, el control de calidad realiza análisis de la melaza de remolacha (contenido en azúcares, metales, impurezas), seguimiento analítico del proceso de fermentación (concentración de ácido cítrico, subproductos, control microbiológico) y análisis del producto final para verificar su pureza y calidad.

Este departamento proporciona información clave para la toma de decisiones operativas y trabaja de forma coordinada con producción.

9.3.7. Departamento de logística

El departamento de logística se encarga de la gestión de los flujos de materiales dentro y fuera de la planta.

Sus funciones incluyen la recepción y almacenamiento de materias primas, la gestión de los tanques de melaza y reactivos, el almacenamiento del producto final y la expedición de este. Además, controla los niveles de inventario y asegura la disponibilidad de materiales necesarios para la producción continua.

Asimismo, este departamento garantiza el suministro continuo de materias primas, reactivos, repuestos y servicios necesarios para la operación de la planta. Eso incluye la selección y evaluación de proveedores, la negociación de contratos, el control de costes de aprovisionamiento y la gestión de stocks críticos.

9.3.8. Departamento de seguridad, salud y medioambiente (HSE)

El departamento de seguridad, salud y medio ambiente tiene como objetivo proteger a los trabajadores, las instalaciones y el entorno.

En Citrox, donde se manejan sustancias corrosivas como el ácido sulfúrico, vapor a presión y procesos biológicos, este departamento es especialmente relevante. Sus funciones incluyen la evaluación de riesgos laborales, la implementación de medidas de seguridad en el trabajo, la formación del personal en prevención de riesgos y la gestión de residuos y efluentes.

Además, el departamento HSE asegura el cumplimiento de la legislación ambiental y de seguridad industrial vigente.

9.3.9. Departamento de recursos humanos (RRHH)

El departamento de recursos humanos (RRHH) es responsable de la gestión del personal de la planta.

Sus funciones incluyen la contratación, la planificación de turnos, la formación técnica y en seguridad, y la gestión de las relaciones laborales. Este departamento trabaja de forma coordinada con HSE para garantizar que el personal esté adecuadamente formado en materia de seguridad y prevención de riesgos.

9.3.10. Departamentos externos

En Citrox se opta por externalizar algunos de los departamentos como serían el caso de la seguridad de las instalaciones y la limpieza dejando a empresas ajenas a Citrox esa responsabilidad.

El departamento de seguridad de las instalaciones se encarga de mantener la seguridad de las instalaciones ininterrumpidamente dotando a los trabajadores de una seguridad para hacer su trabajo en cualquiera de los turnos. Este departamento está dotado con un equipo de seguridad formado en el resguardo de la integridad de las instalaciones.

El departamento de limpieza, por otro lado, se encarga de la limpieza de las instalaciones para mantener la parte de las oficinas, laboratorios y zonas comunes de tránsito limpias y sin riesgo para los trabajadores. Este departamento está dotado de un equipo de limpieza formado sobre los peligros de las sustancias manipuladas para mantener la limpieza de las zonas de las instalaciones.

9.4. Organigrama y personal de la planta

Una vez mencionados los departamentos de la planta de Citrox se puede crear un organigrama del personal de la planta para poder tener una visión de la estructura final de la planta.

La planta se organiza de forma jerárquica bajo la dirección de planta, de la que dependen los departamentos funcionales de producción, ingeniería, mantenimiento, I+D, control de calidad, seguridad, salud y medio ambiente, logística, y recursos humanos. Esta estructura permite una gestión integrada del proceso productivo y una clara definición de responsabilidades. En la Figura 9.1 se muestra una imagen del organigrama de la planta de Citrox.

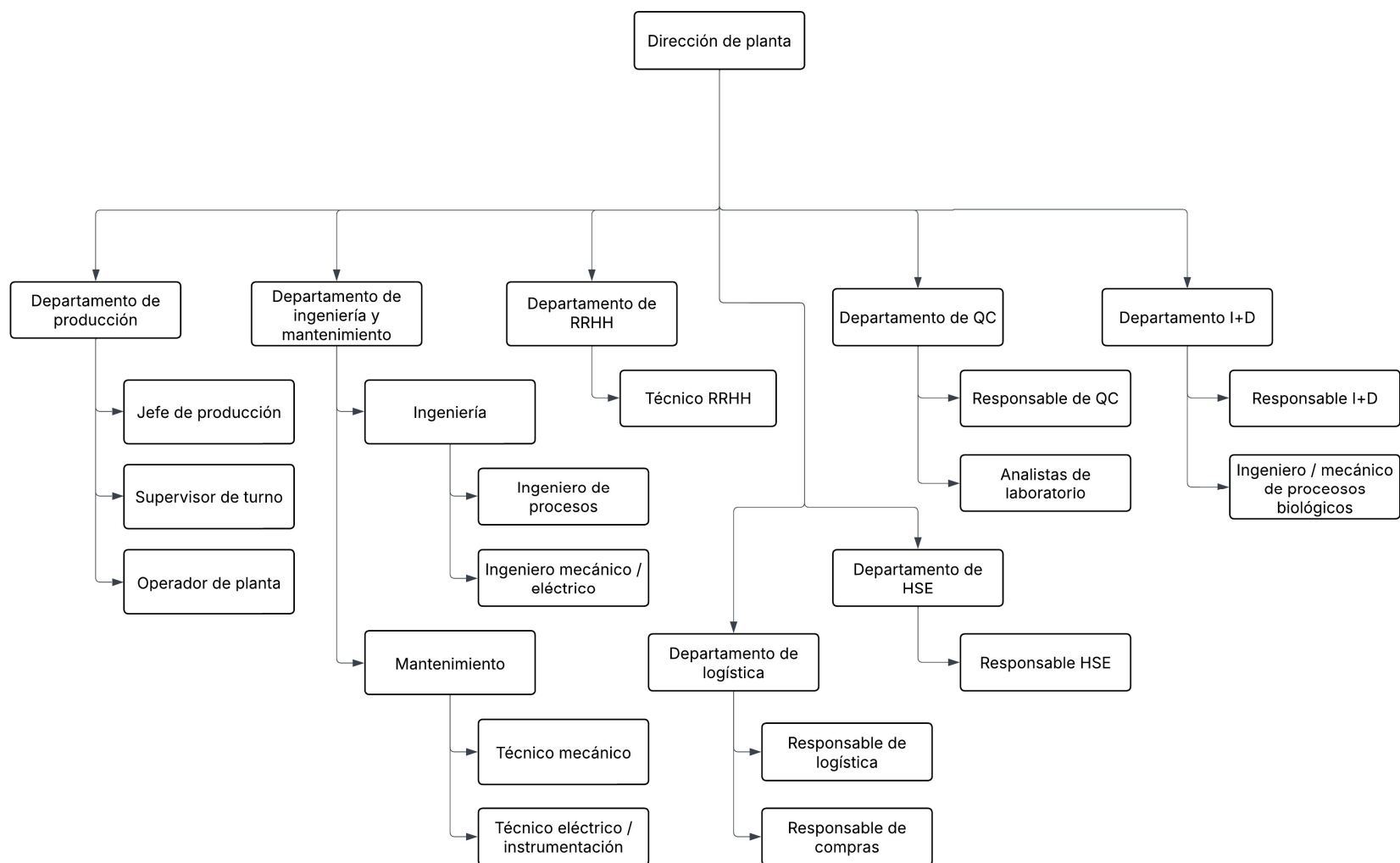


Figura 9.1 – Organigrama de la planta de Citrox

Teniendo en cuenta la organización de la planta se crean los puestos y el número de personal necesario por turnos y plantilla como se muestra en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1 – Tabla del personal de Citrox por turnos y por plantilla

	Personal de Citrox		Hoja 1 de 1	
	Puesto	Empleados por turno	Número de turnos	Empleados por plantilla
Dirección de planta				
	Director de planta	1	1	1
Producción				
	Jefe de producción	1	1	1
	Supervisor de turno	1	5	5
	Operarios de planta	4	5	20
Ingeniería				
	Ingeniero de proceso	2	1	2
	Ingeniero mecánico / eléctrico	1	1	1
Mantenimiento				
	Técnico mecánico	1	5	5
	Técnico eléctrico / instrumentación	1	5	5
Investigación y desarrollo (I+D)				
	Responsable I+D	1	1	1
	Ingeniero de procesos biológicos	1	1	1
Control de calidad (QC)				
	Responsable QC	1	1	1
	Analistas de laboratorio	1	5	5
Seguridad, salud y medioambiente (HSE)				
	Responsable HSE	1	1	1
Logística				
	Responsable de logística	1	1	1
	Responsable de compras	1	1	1
Recursos humanos (RRHH)				
	Técnico RRHH	1	1	1
Total, empleados				
		20		52

Según el boletín oficial del estado (BOE) [1] se puede crear, como se observa en la Tabla 9.2, la tabla salarial por puesto en Citrox usada en el **Capítulo 7. Valoración económica**.

Tabla 9.2 – Salario bruto anual por plantilla y puesto en Citrox

		Personal de Citrox		Hoja 1 de 1			
Puesto			Salario bruto anual por puesto		Empleados por plantilla	Salario bruto anual por plantilla	
Dirección de planta							
Director de planta			85,000.00 €		1	85,000.00 €	
Producción							
Jefe de producción			42,000.00 €		1	42,000.00 €	
Supervisor de turno			35,000.00 €		5	175,000.00 €	
Operador de planta	Planta		25,000.00 €		15	375,000.00 €	
	Panel		25,000.00 €		5	125,000.00 €	
Ingeniería							
Ingeniero de proceso			35,000.00 €		2	70,000.00 €	
Ingeniero mecánico / eléctrico			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Mantenimiento							
Técnico mecánico			25,000.00 €		5	125,000.00 €	
Técnico eléctrico / instrumentación			25,000.00 €		5	125,000.00 €	
Investigación y desarrollo (I+D)							
Responsable I+D			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Ingeniero /mecánico de procesos biológicos			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Control de calidad (QC)							
Responsable QC			42,000.00 €		1	42,000.00 €	
Analistas de laboratorio			25,000.00 €		5	125,000.00 €	
Seguridad, salud y medioambiente (HSE)							
Responsable HSE			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Logística							
Responsable de logística			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Responsable de compras			35,000.00 €		1	35,000.00 €	
Recursos humanos (RRHH)							
Técnico RRHH			30,000.00 €		1	30,000.00 €	
Total, empleados y salario bruto					52	1,529,000.00 €	

9.5. Calendario y organización de la planta

Como se puede ver, la plantilla de Citrox la forman 52 empleados fijos los cuales van rotando en cinco turnos distintos llegando a ser 20 empleados por turno con alguna excepción. Los cinco turnos se dividen en:

- Turno 1 (de lunes a viernes) de 6:00 a 14:00 → 40 h/sem
- Turno 2 (de lunes a viernes) de 14:00 a 22:00 → 40 h/sem
- Turno 3 (de lunes a viernes) de 22:00 a 6:00 → 40 h/sem
- Turno 4 (de sábado a domingo) de 6:00 a 18:00 → 24 h/sem
- Turno 5 (de sábado a domingo) de 18:00 a 6:00 → 24 h/sem

La rotación solo la hacen el personal más esencial para el funcionamiento ininterrumpido de la planta como los operarios de planta, supervisores de turno de producción y QC, analistas de laboratorio, mantenimiento, seguridad y limpieza.

La plantilla de los operarios de planta por turno la componen 3 empleados más un panelista, estos están repartidos por las diferentes áreas dependiendo de la producción en ese momento de la siguiente forma y siempre pudiendo cambiarse a excepción del panelista:

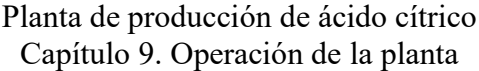
A-100. Almacenaje de materias primas	
A-200. Pretratamiento del medio de cultivo	
A-300. Fermentación y separación del micelio	
A-400. Recuperación del ácido cítrico y yeso	→
A-500. Empacado y almacenaje	
A-600. Servicios	
	3 operarios rotando por las diferentes áreas
A-700. Sala de control	→
	1 panelista controlando el proceso

El director de planta, jefe de producción, responsable de QC y todo el departamento de I+D, ingeniería, HSE, logística y RRHH hacen únicamente el turno partido ya que no son esenciales en el resto de los turnos, todo y que tendrán disponibilidad por si hiciese falta. Este turno es un híbrido de mañana y tarde entrando a las 8:00h y saliendo a las 16:00h.

La plantilla entera, menos los que no hacen turnos, va rotando por los cinco turnos disponibles siempre contando que el mes de trabajo de los turnos 4 y 5 solo se trabaja fin de semanas sin pasar por los turnos 1, 2 y 3 y una vez acabado ese mes se rota haciendo los turnos 1, 2 y 3 sin hacer los 4 y 5 así sucesivamente. Las horas de trabajo se cumplirán rotando entre los turnos según el convenio estipulado. [2]

Todos los trabajadores disponen de 1 h para la comida que se servirá en la cantina de la A-800.

En las Tabla 9.3 y Tabla 9.4 se muestran un ejemplo de las rotaciones de los grupos formados por el personal esencial de Citrox durante 12 semanas de operación, todo y que es susceptible a cambios.



		Semana 1						Semana 2						Semana 3								
Hora (h)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
6:00	Mañana																					
14:00																						
14:00																						
	Tarde																					
22:00	Noche																					
22:00																						
6:00																						
		Semana 4						Semana 5						Semana 6								
Hora (h)		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6:00	Mañana																					
14:00																						
14:00																						
	Tarde																					
22:00	Noche																					
22:00																						
6:00																						
		Semana 7						Semana 8						Semana 9								
Hora (h)		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
6:00	Mañana																					
14:00																						
14:00																						
	Tarde																					
22:00	Noche																					
22:00																						
6:00																						
		Semana 10						Semana 11						Semana 12								
Hora (h)		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
6:00	Mañana																					
14:00																						
14:00																						
	Tarde																					
22:00	Noche																					
22:00																						
6:00																						



Planta de producción de ácido cítrico
Capítulo 9. Operación de la planta

Tabla 9.4 – Leyenda de los grupos rotativos

Grupo 1	
Grupo 2	
Grupo 3	
Grupo 4	
Grupo 5	

9.6. Bibliografía

- [1] BOE, «Resolución de 13 de marzo de 2025, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica la revisión salarial del año 2024 y el incremento salarial del año 2025 del Convenio colectivo general del sector de la Industria Química.,» Agencia estatal. Boletín oficial del estado , 13 Marzo 2025. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-6079.
- [2] BOE, «Resolución de 6 de febrero de 2025, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XXI Convenio colectivo general de la industria química.,» 6 Febrero 2025. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2025-3083.